

© WPI / DERWENT



AN - 2004-056760 [06]

TI - Condensing lens for use in laser light source module, has condensing portion formed integrally with collimator lens portions, to condense parallel light passed through collimator lens portions, to common point

AB - JP2003344609 NOVELTY - The condensing lens (20) has a condensing portion (28) formed integrally with collimator lens portions (21-27), to condense the parallel light passed through collimator lens portions, to a common point.

- DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following:

- (1) laser light source module; and

- (2) exposure apparatus.

- USE - For use in laser light source module (claimed) used in exposure apparatus (claimed).

- ADVANTAGE - Since the condensing portion is formed integrally with collimator lens portions, the structure is simplified and the need to align between the lens portions is eliminated. Thus the cost is reduced.

- DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the top view of the laser light source module equipped with the condensing lens.

- condensing lens 20

- collimator lens portions 21-27

- condensing portion 28

- optical fiber 30

- (Dwg.1/14)

IW - CONDENSATION LENS LASER LIGHT SOURCE MODULE CONDENSATION PORTION FORMING
INTEGRAL COLLIMATE LENS PORTION CONDENSATION PARALLEL LIGHT PASS THROUGH
COLLIMATE LENS PORTION COMMON POINT

PN - JP2003344609 A 20031203 DW200406 G02B3/00 013pp

IC - B41J2/44 ; G02B3/00 ; G02B3/08 ; G02B6/42 ; H01S5/022 ; H01S5/40

MC - S06-A03D T04-G04A1 U11-C04E1 U12-A01C V07-G10C V07-N03 V08-A08

DC - P75 P81 S06 T04 U11 U12 V07 V08

PA - (FUJF) FUJI PHOTO FILM CO LTD

- (FUOP) FUJI PHOTO OPTICAL CO LTD

AP - JP20020149234 20020523

PR - JP20020149234 20020523

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-344609

(P2003-344609A)

(43)公開日 平成15年12月 3 日 (2003. 12. 3)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト [*] (参考)
G 0 2 B 3/00		G 0 2 B 3/00	A 2 C 3 6 2
B 4 1 J 2/44		3/08	2 H 0 3 7
G 0 2 B 3/08		6/42	5 F 0 7 3
6/42		H 0 1 S 5/022	
H 0 1 S 5/022		5/40	
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2002-149234(P2002-149234)

(22)出願日 平成14年 5 月23日 (2002. 5. 23)

(71)出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(71)出願人 000005430

富士写真光機株式会社

埼玉県さいたま市北区植竹町 1 丁目324番地

(72)発明者 岡崎 洋二

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内

(74)代理人 100073184

弁理士 柳田 征史 (外 1 名)

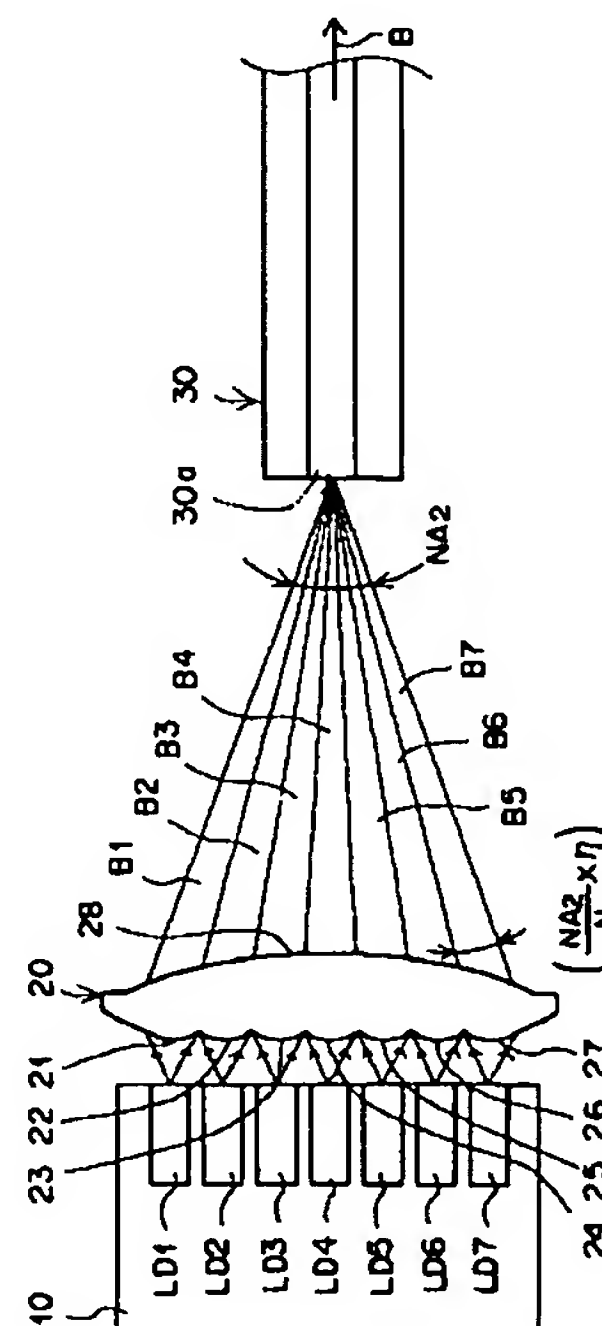
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 集光レンズ、合波レーザー光源および露光装置

(57)【要約】

【課題】 高出力が得られる低コストの合波レーザー光源を得る。

【解決手段】 複数の半導体レーザーLD 1～7 からそれぞれ出射したレーザービームB 1～7 を、コリメーターレンズ部分21～27および集光レンズ部分28が一体成形されてなる集光レンズ20で集光した上でマルチモード光ファイバー30に結合させて合波する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の発散光を各々平行光化する複数のコリメーターレンズ部分と、これらのコリメーターレンズ部分を通過した平行光を共通の点に収束させる1つの集光レンズ部分とが一体的に形成されてなる集光レンズ。

【請求項2】 前記複数のコリメーターレンズ部分の各々が、軸対称レンズをその光軸を含む形に一部切り取ってなる、直線状の縁部を有する形状とされ、それらのコリメーターレンズ部分が、互いに前記直線状の縁部を共有または近接する状態に並んでいることを特徴とする請求項1記載の集光レンズ。

【請求項3】 前記集光レンズ部分が、軸対称レンズをその光軸を含む形に一部切り取ってなる細長い形状とされ、

前記複数のコリメーターレンズ部分が、前記集光レンズ部分の長さ方向に並べて配置されていることを特徴とする請求項1または2記載の集光レンズ。

【請求項4】 複数の半導体レーザーと、1本のマルチモード光ファイバーと、前記複数の半導体レーザーからそれぞれ出射したレーザービームを集光した上で前記マルチモード光ファイバーに結合させる集光光学系とを備えてなる合波レーザー光源であって、前記集光光学系として請求項1から3いずれか1項記載の集光レンズが、その複数のコリメーターレンズ部分が前記複数の半導体レーザーに各々対応するように配置して用いられていることを特徴とする合波レーザー光源。

【請求項5】 請求項4記載の合波レーザー光源を複数、露光用光源として備えたことを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は集光レンズ、特に詳細には、複数本の発散光を共通の点に収束させる集光レンズに関するものである。

【0002】また本発明は合波レーザー光源に関し、特に詳細には、複数の半導体レーザーから発せられたレーザービームを光ファイバーを利用して合波する合波レーザー光源に関するものである。

【0003】さらに本発明は、上述のような合波レーザー光源を露光用光源として用いる露光装置に関するものである。

【0004】

【従来の技術】従来、紫外域のレーザービームを発生させる装置として、半導体レーザー励起固体レーザーから発せられた赤外光を紫外域の第3高調波に変換する波長変換レーザーや、エキシマレーザーや、Arレーザーが実用に供されている。

【0005】さらには近時、例えば1998年発行のJpn.Ap

pl.phys.Lett.,Vol.37.p.L1020に示されるように、400nm近傍の波長のレーザービームを発するGaN系半導体レーザーも提供されている。

【0006】このような波長のレーザービームを発する光源は、350～420nmの紫外領域を含んだ所定の波長域（以下「紫外域」という）に感度を有する感光材料を露光する露光装置において、露光用光源として適用することも考えられている。その場合の露光用光源は、当然ながら、感光材料を感光させるのに十分な出力を備えることが求められる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし上記エキシマレーザーは、装置が大型で、コストやメンテナンスコストも高いという問題がある。

【0008】また、赤外光を紫外域の第3高調波に変換する波長変換レーザーは、波長変換効率が非常に低いことから、高出力を得るのは極めて困難になっている。現在のところは、30Wの半導体レーザーで固体レーザー媒質を励起して10Wの基本波（波長1064nm）を発振させ、それを3Wの第2高調波（波長532nm）に変換し、それら両者の和周波である1Wの第3高調波（波長355nm）を得る、というのが現在の実用レベルである。その場合の半導体レーザーの電気-光効率は50%程度であり、そして紫外光への変換効率は1.7%程度と非常に低いものとなっている。そしてこのような波長変換レーザーは、高価な光波長変換素子を用いるために、コストがかなり高いものとなっている。

【0009】またArレーザーは電気-光効率が0.005%と非常に低く、寿命が1000時間程度と非常に短いという問題がある。

【0010】一方、GaN系半導体レーザーについては、低転位のGaN結晶基板が得られないことから、ELOGという成長方法によって約5μm程度の低転位領域を作り出し、その上にレーザー領域を形成して高出力化と高信頼性を実現する試みがなされている。しかし、こうして作製されるGaN系半導体レーザーにおいても、大面積に亘って低転位の基板を得るのが難しいので、500mW～1W級の高出力なものは未だ商品化されていない。

【0011】また、半導体レーザーの高出力化の別の試みとして、例えば1つで100mWの光を出力するキャビティを100個形成することで10Wの出力を得るようなことも考えられているが、100個程度の多数のキャビティを高歩留まりで作成することは、ほとんど現実性が無いと言える。特に、シングルキャビティの場合でも99%以上の高歩留まり化は困難であるGaN系半導体レーザーにあっては、なおさらである。

【0012】そこで、複数の半導体レーザーと、1本のマルチモード光ファイバーと、上記複数の半導体レーザーからそれぞれ出射したレーザービームを集光した上で

上記マルチモード光ファイバーに結合させる集光光学系とによって合波レーザー光源を構成することが考えられる。すなわち、そのような合波レーザー光源によれば、マルチモード光ファイバーから、合波された高出力のレーザービームを出射させることができる。

【0013】ところで、半導体レーザーからは発散光状態でレーザービームが出射するので、上述のような集光光学系は基本的に、各半導体レーザーから発せられたレーザービームを平行光化するコリメーターレンズと、各コリメーターレンズを通過した平行光を共通の点に収束させる集光レンズから構成されることになるが、そのような集光光学系は、コリメーターレンズ同士間の位置合わせや、それらと集光レンズとの間の位置合わせが面倒なものとなる。そこで、そのような集光光学系を用いて前述の合波レーザー光源を構成する場合、合波レーザー光源のコストがかなり高いものになってしまう。

【0014】本発明は上記の事情に鑑みて、複数の発散光を共通の点に収束させることができる簡単な構成の集光レンズを提供することを目的とする。

【0015】また本発明は、上述のような集光レンズを用いることにより低コストで形成可能な、合波レーザー光源を提供することを目的とする。

【0016】さらに本発明は、上述のような合波レーザー光源を用いることにより、高強度のレーザー光で感光材料を露光可能な露光装置を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明による集光レンズは、複数の発散光を各々平行光化する複数のコリメーターレンズ部分と、これらのコリメーターレンズ部分を通過した平行光を共通の点に収束させる1つの集光レンズ部分とが一体的に形成されてなることを特徴とするものである。

【0018】なお、この本発明による集光レンズにおいて、上記複数のコリメーターレンズ部分の各々は、軸対称レンズをその光軸を含む形に一部切り取ってなる、直線状の縁部を有する形状とされ、そして、それらのコリメーターレンズ部分が、互いに上記直線状の縁部を共有または近接する状態に並んでいることが望ましい。

【0019】また上記の集光レンズ部分は、軸対称レンズをその光軸を含む形に一部切り取ってなる細長い形状とされ、そして複数のコリメーターレンズ部分が、上記集光レンズ部分の長さ方向に並べて配置されていることが望ましい。

【0020】他方、本発明による合波レーザー光源は、複数の半導体レーザーと、1本のマルチモード光ファイバーと、上記数の半導体レーザーからそれぞれ出射したレーザービームを集光した上で前記マルチモード光ファイバーに結合させる集光光学系とを備えてなる合波レーザー光源であって、集光光学系として、上述した本発明

による集光レンズが、その複数のコリメーターレンズ部分が上記複数の半導体レーザーに各々対応するように配置して用いられていることを特徴とするものである。

【0021】なお上述の構成を有する本発明の合波レーザー光源においては、複数の半導体レーザーが、各々の活性層と平行な方向に発光点が1列に並ぶように配設され、そして集光レンズのコリメーターレンズ部分が、上記発光点の並び方向の開口径が該方向に直角な方向の開口径よりも小さく形成されていることが望ましい。

10 【0022】また、上記複数の半導体レーザーを実装するブロックは、複数の分割され、互いに張り合わせて一体化されていることが望ましい。

【0023】また複数の半導体レーザーは、一列に並べて配置する場合には3～10個、さらに好ましくは6または7個設けられることが望ましい。またこの半導体レーザーとしては、発光幅が1～5 μ m、さらに好ましくは2～3 μ mのものが用いられるのが望ましい。そしてこの半導体レーザーとしては、Ga N系半導体レーザーが用いられることが望ましい。

20 【0024】一方上記マルチモード光ファイバーとしては、コア径が50 μ m以下で、NA（開口数）が0.3以下のものが用いられることが望ましい。さらに、このマルチモード光ファイバーとしては、コア径×NAの値が7.5 μ m以下のものが用いられることが望ましい。

【0025】また本発明の合波レーザー光源において、複数の半導体レーザーは、レーザービームの照射を受ける側から見た状態で2次元的に配列固定されていることが望ましい。

30 【0026】そして本発明の合波レーザー光源は、上述したマルチモード光ファイバーを1本だけ用いて構成されてもよいが、好ましくは、該マルチモード光ファイバーを複数用いて、それらのマルチモード光ファイバーの各々に複数の半導体レーザーおよび集光レンズを組み合わせ、各マルチモード光ファイバーから高出力のレーザービームを発するように構成することもできる。そのようにする場合、複数のマルチモード光ファイバーは少なくとも出射端部において1次元アレイ状、あるいは、バンドル状に配設されるのが望ましい。

40 【0027】さらに、そのように1次元アレイ状、あるいは、バンドル状に配設される複数のマルチモード光ファイバーとして、先端部においてコア径は変えずにクラッド径だけをより細くしたもの（例えば先端部以外のクラッド径が125 μ mの場合に先端部のクラッド径を60 μ m程度としたもの）が用いられると、より高輝度の高出力光源を得ることができる。

【0028】また本発明による露光装置は、本発明による合波レーザー光源を複数、露光用光源として備えたことを特徴とするものである。

50 【0029】この本発明による露光装置において、露光用光源として用いられる合波レーザー光源は、上記のよ

うに複数のマルチモード光ファイバーが1次元アレイ状、あるいは、バンドル状に配設されてなるものであることが望ましい。

【0030】

【発明の効果】本発明による集光レンズは、複数の発散光を各々平行光化する複数のコリメーターレンズ部分と、これらのコリメーターレンズ部分を通じた平行光を共通の点に収束させる1つの集光レンズ部分とが一体的に形成されてなるものである。極めて構成が簡単で、レンズ部分間の位置合わせも必要無いので、複数の

コリメーターレンズと1つの集光レンズとを個別に備えてなる集光光学系に比べれば、前述のマルチモード光ファイバーや半導体レーザー等に対する位置合わせも容易になされ得るものとなる。

【0031】なお本発明による集光レンズは、前述したように複数の半導体レーザーおよび1本のマルチモード光ファイバーと組み合わせて合波レーザー光源を構成するだけでなく、複数の発散光を共通の点に収束させる用途全般に広く適用可能である。

【0032】また、この本発明による集光レンズにおいて、上記複数のコリメーターレンズ部分の各々が、軸対称レンズをその光軸を含む形に一部切り取ってなる、直線状の縁部を有する形状とされ、そして、それらのコリメーターレンズ部分が、互いに上記直線状の縁部を共有または近接する状態に並んでいる場合は、複数のコリメーターレンズ部分を極めて小さなピッチで配置可能となる。そこで、このような集光レンズを用いる場合は、複数の光源の配置ピッチを短くして、それらから発せられた光の共通の収束点における位置ずれを、より小さく抑えることができる。

【0033】また、本発明による集光レンズにおいて、上記の集光レンズ部分が、軸対称レンズをその光軸を含む形に一部切り取ってなる細長い形状とされ、そして複数のコリメーターレンズ部分が、上記集光レンズ部分の長さ方向に並べて配置されている場合は、全体を極めて小型に形成することができる。

【0034】他方、本発明の合波レーザー光源は、複数の半導体レーザーからそれぞれ出射したレーザービームを集光してマルチモード光ファイバーに結合させる極めて簡単な構成のものであって、特に作製が困難な要素も必要としないので、低コストで形成可能となる。また、ここでは、レンズ部分間の位置合わせが不要である本発明の集光レンズが集光光学系として用いられているので、半導体レーザー、集光光学系およびマルチモード光ファイバーの間の位置合わせも容易になされ、よって、その点からも低コスト化を実現できる。

【0035】また本発明の合波レーザー光源において、特に複数の半導体レーザーが、各々の活性層と平行な方向に発光点が1列に並ぶように配設され、そして集光レンズのコリメーターレンズ部分が、上記発光点の並び方

向の開口径が該方向に直角な方向の開口径よりも小さく形成されている場合には、複数の半導体レーザーの配置ピッチをより短くして、より高密度に配置できるようになる。

【0036】このように複数の半導体レーザーをより高密度に配置しておく、複数のレーザービームの光ファイバー端面における位置ずれがより小さく抑えられるようになるので、複数の半導体レーザー、マルチモード光ファイバーおよび集光光学系の組立位置精度を比較的緩くできるという効果が得られ、さらに、この組立位置精度を緩くできることから、合波本数をより多くして高出力化できる。その理由は、後に実施の形態に沿って詳しく説明する。

【0037】他方、上記複数の半導体レーザーを実装するブロックが複数の分割され、互いに張り合わせて一体化されている場合は、1つのブロックに半導体レーザーを全て実装する場合と比較して、実装の歩留まりを向上させることができる。例えば、1つの半導体レーザーの実装歩留まりが98%の場合、6個の半導体レーザーを1つのブロックに全て実装する場合の全体の実装歩留まりは86% ($=0.98^6 \times 100$) であり、それに対して3個ずつ2つのブロックに実装する場合のそれは、2つのブロックを接合する歩留まりはほぼ100%を実現できるので、94% ($=0.98^3 \times 100$) に向上する。

【0038】また、印刷、医用画像の分野や、PCB（プリント・サーキット・ボード）、PDP（プラズマディスプレイ）、LCD（液晶ディスプレイ）等による画像を感光材料に露光する場合等においては、上記マルチモード光ファイバーとしてコア径が50 μ m以下のものを用いると、露光スポットを微細なものにして高精細な画像を露光できるようになる。また、そのマルチモード光ファイバーのNAが0.3以下であると、上述のような高精細画像を露光する上で十分な焦点深度が確保され、鮮鋭度の高い画像を露光可能となる。

【0039】また、マルチモード光ファイバーとしては、通常よく用いられるコア径=50 μ m、NA=0.2のステップインデックスファイバーよりも、コア径×NAの値が7.5 μ m以下のものを用いることが望ましい。そのようなマルチモード光ファイバーを用いる場合、それらの組合せとしては例えば50 μ m×0.15、40 μ m×0.18、30 μ m×0.25、25 μ m×0.3等が挙げられる。このような特性のマルチモード光ファイバーを用いると、そのNAと同程度のNAのコリメーターレンズ部分で各半導体レーザーからのレーザービームを平行光化でき、NA=0.3の集光レンズで25 μ m以下のスポットに合波レーザービームを集光させることも可能になる。それにより、高解像度と十分な焦点深度を確保できるようになる。

【0040】また、複数のマルチモード光ファイバーが1次元アレイ状、あるいは、バンドル状に配設されてな

10

20

30

40

50

る合波レーザー光源において、先端部のコア径は変えずにクラッド径だけをより細くした（例えば先端部以外のクラッド径が $125\mu\text{m}$ の場合に先端部のクラッド径を $60\mu\text{m}$ 程度とした）マルチモード光ファイバーが用いられた場合は、その合波レーザー光源をDMDやGLV等の空間光変調素子の照明光源として用いる際に、クラッド径が均一（上記の場合ならば $125\mu\text{m}$ で均一）のファイバーを用いる場合よりも焦点深度を大きくするとともに、解像度を高める効果が得られる。

【0041】また本発明の合波レーザー光源において、半導体レーザーが3個以上設けられれば、従来知られている偏光合波では2個の半導体レーザーからのレーザービームしか合波できないのに対し、それを上回る高出力の合波ビームを得ることが可能になる。ただし、1つの半導体レーザーの実装歩留まりが通常その程度であるように98%であるとする、半導体レーザーを10個設ける場合には、実装歩留まりが82%まで低下する。それ以上の歩留まり低下は現実上避けなければならないので、本発明の好ましい実施の形態においては、この半導体レーザーの数の上限を10個とする。

【0042】さらに、半導体レーザーの数が10個一列に並べて配置される場合、画像形成用のコア径 $50\mu\text{m}$ 以下でNA0.3以下、もしくはコア径 $\times\text{NA}=7.5\mu\text{m}$ 以下のマルチモード光ファイバーを用いたとき、求められる実装精度は $0.1\mu\text{m}$ 未満と非常に厳しい値になってしまうが、一列に並べる半導体レーザーの数を6または7個としておくことにより、求められる実装精度は $0.3\sim 1\mu\text{m}$ 未満と著しく緩和される。また、半導体レーザーの数が6または7個の場合は、3個の場合と比べて2倍以上の高出力を得ることができる。

【0043】また半導体レーザーとして発光幅が $1.5\mu\text{m}$ 以上のものを適用することにより、例えばそれがGa系半導体レーザーである場合は、完全単一横モード構造のものの最大出力（30mW程度）と比較して、高い出力（50mW以上）を得ることができる。一方、半導体レーザーとして発光幅が $5\mu\text{m}$ 以下のものを適用することにより、画像形成用のコア径 $50\mu\text{m}$ 以下でNA0.3以下、もしくはコア径 $\times\text{NA}=7.5\mu\text{m}$ 以下のマルチモード光ファイバーに対して半導体レーザーが3個以上の集光結合系を構成可能となる。また、半導体レーザーとして発光幅が $2\sim 3\mu\text{m}$ のものを適用することにより、前記の画像形成用の光学系において半導体レーザーが6または7個の集光結合系を構成可能となる。

【0044】また複数の半導体レーザーを、レーザービームの照射を受ける側から見た状態で2次元的に配列すれば、多数の半導体レーザーを高密度に配置できるから、1本のマルチモード光ファイバーにより多数のレーザービームを入射させることが可能となって、より高出力の合波レーザービームを得ることができる。

【0045】他方、本発明の合波レーザー光源が、複数

のマルチモード光ファイバーを少なくとも出射端部において1次元アレイ状、あるいはバンドル状等に配設してなる場合は、それらの光ファイバーから高出力のレーザービームを1次元あるいは2次元に整列した状態で出射させることができる。そうであれば、整列して出射する複数のレーザービームの各々を、変調部がライン状、あるいは2次元状に配列されてなるGLVやDMD等の空間光変調素子の各変調部に入射させて、画像露光等のために効率良く変調させることができる。

【0046】そこで、上述のように構成された合波レーザー光源を露光用光源として用いる本発明の露光装置は、上記空間光変調素子を併せて用いて、2次元に整列して出射するレーザービームをそのまま感光材料に2次元状に照射することにより、あるいは1次元あるいは2次元に整列して出射するレーザービームを感光材料に照射するとともに感光材料をレーザービームに対して相対的に副走査移動させることにより、該感光材料に2次元画像を露光可能なものとなる。

【0047】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【0048】図1は、本発明の第1の実施の形態による集光レンズ20を備えた合波レーザー光源の平面形状を示すものである。図示されるようにこの合波レーザー光源は、銅からなるヒートブロック10上に配列固定された一例として7個のチップ状態の横マルチモードGa系半導体レーザーLD1、LD2、LD3、LD4、LD5、LD6およびLD7と、1つの集光レンズ20と、1本のマルチモード光ファイバー30とから構成されている。なお、ヒートブロック10に対するGa系半導体レーザーLD1～7の取付状態を図2に示してある。

【0049】また図3の(1)、(2)、(3)および(4)にはそれぞれ、集光レンズ20の正面形状、底面形状、後面形状および側面形状を示す。ここに示される通り集光レンズ20は、一例として7個のコリメーターレンズ部分21、22、23、24、25、26および27と、1つの集光レンズ部分28とが共通の部材から一体的に形成されてなるものである。このような集光レンズ20は、例えば樹脂あるいは光学ガラスをモールド成形することによって形成することができる。

【0050】上記コリメーターレンズ部分21～27のうち、左右両端のコリメーターレンズ部分21および27は、軸対称レンズをその光軸を含む形に1つの弧の部分で切り取った形状とされ、一方、それらの間に位置する5個のコリメーターレンズ部分22、23、24、25および26は、軸対称レンズをその光軸を含む形に2つの平行な弧の部分で切り取った細長い形状とされ、それらのコリメーターレンズ部分21～27は各々の直線状の縁部を隣接するレンズ部分と共有する形に並設されている。なお上に挙げた軸対称レンズは、全て同形状のものである。

【0051】また集光レンズ部分28は、上記のものとは異なる軸対称レンズをその光軸を含む形に2つの平行な弧の部分で切り取った細長い形状とされ、コリメーターレンズ部分21～27はこの集光レンズ部分28の長さ方向に並べて配置されている。なお、中央のコリメーターレンズ部分24の光軸は、集光レンズ部分28の光軸と一致している。

【0052】Ga N系半導体レーザーLD 1～7は、発振波長が例えば全て共通の405nmであり、最大出力も全て共通の100mWである。またその出射光は、長径方向つまり図1の紙面に直角な方向、短径方向つまり図1の紙面に平行な方向の拡がり角（半値全角）がそれぞれ30°、10°の楕円光束である。そしてこれらのGa N系半導体レーザーLD 1～7は、その発光点がそれぞれ上記コリメーターレンズ部分11～17の光軸上に位置し、上記長径方向がコリメーターレンズ部分22～26の長さ方向と一致する状態に配設されている。つまりこれらのGa N系半導体レーザーLD 1～7は、活性層と平行な方向に発光点が1列に並ぶように配設されている。

【0053】他方、マルチモード光ファイバー30としては、三菱電線工業株式会社製のグレーデッドインデックス型光ファイバーを基本として、コア中心部がグレーデッドインデックスで外周部がステップインデックスである、コア径=25μm、NA=0.3、端面コート透過率=99.5%以上のものが用いられている。本例の場合、先に述べたコア径×NAの値は7.5μmである。

【0054】Ga N系半導体レーザーLD 1、LD 2、LD 3、LD 4、LD 5、LD 6およびLD 7から発散光状態で出射したレーザービームB 1、B 2、B 3、B 4、B 5、B 6およびB 7は、それぞれコリメーターレンズ部分21、22、23、24、25、26および27によって平行光化される。

【0055】そして、平行光とされたレーザービームB 1～7は、集光レンズ部分28によって集光され、マルチモード光ファイバー30のコア30aの入射端面上で収束する。本例では集光レンズ20によって集光光学系が構成され、それとマルチモード光ファイバー30とによって合波光学系が構成されている。すなわち、集光レンズ20によって上述のように集光されたレーザービームB 1～7がこのマルチモード光ファイバー30のコア30aに入射してそこを伝搬し、1本のレーザービームBに合波されてマルチモード光ファイバー30から出射する。なおマルチモード光ファイバー30としては、ステップインデックス型のもの、グレーデッドインデックス型のもの、およびそれらの複合型のものが全て適用可能である。

【0056】本実施の形態の構成においては、レーザービームB 1～7のマルチモード光ファイバー30への結合効率が0.9となる。したがって、Ga N系半導体レーザーLD 1～7の各出力が100mWのときには、出力630mW（=100mW×0.9×7）の合波レーザービームBが得

られることになる。

【0057】以上の説明から明らかなようにレーザービームB 2～6は、細長い形状とされた各コリメーターレンズ部分22～26に対して、拡がり角最大の方が開口径大の方向と一致し、拡がり角最小の方向が開口径小の方向と一致する状態で入射することになる。つまり、細長い形状とされた各コリメーターレンズ部分22～26は、入射するレーザービームB 1～7の楕円形の断面形状に対応して、非有効部分を極力少なくして使用されることになる。また、コリメーターレンズ部分21および27についても、ある程度上記と同様のことが言える。なお、これらのコリメーターレンズ部分21および27を、コリメーターレンズ部分22～26と同形状としても構わない。

【0058】次に、上記の作用を果たす集光レンズ20の仕様について詳しく説明する。この集光レンズ20は、波長405nmに対する屈折率が1.52811である硝材からなり、コリメーターレンズ部分21～27の表面である第1面と、集光レンズ部分28の表面である第2面とを有する。これらの第1面、第2面はとも非球面であり、また第1面と第2面間の厚みは2.5mmである。そして第1面の焦点距離は3.0mm、光源側のNA（開口数）は0.6であり、第2面の焦点距離は14.6mm、集光側のNAは0.3である。またコリメーターレンズ部分22～26の長さ方向の寸法はφ3.6mm、幅方向の寸法は1.1mmである。他方コリメーターレンズ部分21および27は、コリメーターレンズ部分22～26と同形状の部分の有し、その片側に前述の軸対称レンズの部分が残された形状となっている。

【0059】なお下の表1に、第1面（s 1）、第2面（s 2）の非球面係数を示す。

【0060】

【表1】

非球面係数		
	s 1	s 2
c	6.3119×10^{-1}	-1.2964×10^{-1}
k	7.9928×10^{-2}	-3.7467×10^{-1}
a 4	-4.3538×10^{-2}	2.5838×10^{-4}
a 6	8.8648×10^{-3}	-2.7829×10^{-6}
a 8	-1.5026×10^{-3}	-2.9416×10^{-8}
a 10	1.1872×10^{-4}	1.5549×10^{-9}

ここで上記近軸曲率c並びに非球面係数k、a 4、a 6、a 8およびa 10に関しては、zを光軸方向距離、ρを面頂点から光軸に直角な方向の距離として、

【数1】

$$z = \frac{c \cdot \rho^2}{1 + \sqrt{1 - k \cdot c^2 \cdot \rho^2}} + \sum_{i=2}^5 a_i \cdot \rho^{2i}$$

の関係がある。

【0061】また図4の(1)および(2)にはそれぞれ、上記第1面および第2面の球面収差を示す。ここで第1面については、第2面側から平行光束が入射した場合の光源側（Ga N系半導体レーザーLD 1～7側）の球面収

差、第2面については、第1面側から平行光束が入射した場合の集光側（マルチモード光ファイバー30側）の球面収差を示す。

【0062】なお、7個のコリメーターレンズ部分21～27は、互いに僅かの間隔を置いて配置されてもよいが、本実施の形態のように直線状の縁部を共有する状態で密接配置すれば、Ga N系半導体レーザーLD 1～7の配置ピッチを小さくし、空間利用効率を著しく高めることができる。そのようにして空間利用効率が高められると、Ga N系半導体レーザーLD 1～7、集光光学系およびマルチモード光ファイバー30の組立位置精度を比較的緩くできるという効果も得られる。以下、その理由について詳しく説明する。

【0063】コリメーターレンズ部分21～27の各々の焦点距離および開口数をそれぞれ f_1 、 NA_1 、集光レンズ部分28の焦点距離を f_2 、マルチモード光ファイバー30の開口数を NA_2 、空間利用効率を η とする。なおこの空間利用効率 η は、レーザービームB 1と～レーザービームB 7とで挟まれる空間中で、7本のレーザービームB 1～7の光路が占める割合で規定するものであり、図1の場合のように7本のレーザービームB 1～7の光路が互いに完全密接する状態が $\eta = 1$ である。

【0064】上記の条件下では、レンズ系の倍率 a 、つまりGa N系半導体レーザーLD 1～7の各発光点におけるビームスポット径に対する、マルチモード光ファイバー30のコア端面上におけるビームスポット径の比は下式で与えられる。なお N は合波本数である。

【0065】

【数2】

$$a = \frac{f_2}{f_1} = \frac{NA_1}{\left(\frac{NA_2 \times \eta}{N} \right)} = \frac{NA_1}{NA_2} \times \frac{N}{\eta}$$

この式から明らかな通り、空間利用効率 η がより大きいほど倍率 M は低下する。そして倍率 a がより小さいほど、Ga N系半導体レーザーLD 1～7、集光レンズ20およびマルチモード光ファイバー30の相対位置関係がずれた際に、レーザービームB 1～7がマルチモード光ファイバー30のコア端面上で動く距離が小さくなる。そこで、Ga N系半導体レーザーLD 1～7、集光レンズ20およびマルチモード光ファイバー30の組立位置精度を比較的緩くしておいても、レーザービームB 1～7をマルチモード光ファイバー30のコア30aに正常に入射させることが可能になる。このように組立位置精度を緩くできれば、さらに合波本数を増やすことも可能になり、高出力化できる。これは、上記空間利用効率 η が大きいと倍率 M が低下することにより、合波本数を増やすことで倍率 M が増大することを補って、合波本数を多く設定できるからである。

【0066】以上、合波本数を7本とした合波レーザー

光源の実施の形態について説明したが、本発明の合波レーザー光源における合波本数はこの7本に限られるものではなく、2本以上のいずれの数を選択されてもよい。ただし好ましい合波本数は、先に述べた通りである。

【0067】また、上述のように複数の半導体レーザーをヒートブロック等の支持部材に1列に並べて固定する場合は、各々複数の半導体レーザーを固定したその支持部材を複数積層した構造を採用して、多数の半導体レーザーを2次元的に配列させることができる。

10 【0068】以上のようにして多数の半導体レーザーを、レーザービームの照射を受ける側から見た状態で2次元的に配列すれば、多数の半導体レーザーを高密度に配置できるから、1本のマルチモード光ファイバーにより多数のレーザービームを入射させることが可能となって、より高出力の合波レーザービームを得ることができる。

20 【0069】次に、図1に示した合波レーザー光源からなる紫外光高輝度合波ファイバーモジュールについて詳しく説明する。図5および図6はそれぞれ、この紫外光高輝度合波ファイバーモジュールの平面形状および側面形状を示すものである。なおこれらの図においては、図の煩雑化を避けるために、Ga N系半導体レーザーLD 1～7のうち1つのGa N系半導体レーザーLD 7にのみ番号を付してある。

【0070】本例においてモジュールを構成する光学要素は、上方が開口した箱状のパッケージ40内に收容され、このパッケージ40の上記開口がパッケージ蓋41によって閉じられることにより、該パッケージ40およびパッケージ蓋41が画成する閉空間内に密閉保持される。

30 【0071】パッケージ40の底面にはベース板42が固定され、このベース板42の上面に前記ヒートブロック10が取り付けられ、そしてこのヒートブロック10に集光レンズ20を保持するレンズホルダ44が固定されている。さらにベース板42の上面には、マルチモード光ファイバー30の入射端部を保持するファイバーホルダ46が固定されている。またGa N系半導体レーザーLD 1～7に駆動電流を供給する配線類47は、パッケージ40の横壁面に形成された開口を通してパッケージ外に引き出されている。

40 【0072】以上説明した紫外光高輝度合波ファイバーモジュールは図7に示すように、マルチモード光ファイバー30の出射端部を1次元アレイ状に配設して、それらのマルチモード光ファイバー30の各々から高輝度の紫外レーザービームBを射出する光源装置を構成することができる。具体的には、出力630m Wの合波レーザービームBを出射させるマルチモード光ファイバー30を16本並べることで、10Wもの超高出力でかつ高光密度（10W／（125 μ m×16本）＝5W／mm）を実現でき、エネルギー効率もGa N系半導体レーザーの発光効率と同等のほぼ15%という高い値を実現できる。

50 【0073】次に、本発明による集光レンズの第2の実

施の形態について説明する。図8の(1)、(2)、(3)および(4)はそれぞれ、本実施の形態の集光レンズ50の正面形状、底面形状、後面形状および側面形状を示すものである。図示の通りこの集光レンズ50は、図3に示したコリメーターレンズ部分21、27と同様の2個のコリメーターレンズ部分51、51の間に、図3に示したコリメーターレンズ部分22～26の各々と同様のコリメーターレンズ部分52が4個配されてなるレンズ列を2つ有し、それら合計12個のコリメーターレンズ部分と1つの集光レンズ部分53とが共通の部材から一体的に形成されてなるものである。

【0074】このような集光レンズ50は、例えば、前述のように2次元的に配列した多数の半導体レーザーと組み合わせて用いることができる。

【0075】次に、本発明による集光レンズの第3の実施の形態について説明する。図9の(1)、(2)、(3)および(4)はそれぞれ、本実施の形態の集光レンズ60の正面形状、底面形状、後面形状および側面形状を示すものである。図示の通りこの集光レンズ60は、図3に示したコリメーターレンズ部分21、27と同様の2個のコリメーターレンズ部分61、61の間に、図3に示したコリメーターレンズ部分22～26の各々と同様のコリメーターレンズ部分62が横方向に5個配されてなるレンズ列を有し、このレンズ列の上下にそれぞれ上記と同様のコリメーターレンズ部分62を有し、さらにその外側に上記と同様のコリメーターレンズ部分61を有し、それら合計11個のコリメーターレンズ部分と1つの集光レンズ部分63とが共通の部材から一体的に形成されてなるものである。

【0076】このような集光レンズ60も、例えば、前述のように2次元的に配列した多数の半導体レーザーと組み合わせて用いることができる。

【0077】なお本発明の集光レンズにおけるコリメーターレンズ部分および集光レンズ部分の形状は、以上説明した各実施の形態における形状に限定されるものではなく、その他の種々の形状が採用され得るものである。例えば、コリメーターレンズ部分および集光レンズ部分の双方を軸対称形状としてもよいし、あるいは、集光レンズ部分を細長いものとする一方、複数のコリメーターレンズ部分を軸対称形状としてもよい。

【0078】次に図10～14を参照して、図5および図6に示した紫外光高輝度合波ファイバーモジュールを利用した画像露光装置について説明する。

【0079】図10は、この画像露光装置110Aの全体形状を示すものである。図示の通りこの画像露光装置110Aは、複数のレーザービームを生成する光源ユニット120と、光源ユニット120で生成された複数のレーザービームを集光する露光ヘッド130と、露光ヘッド130を副走査方向に沿って移動させる露光ヘッド移動部140と、画像が記録される記録媒体Fが装着されかつ該記録媒体Fが主走査方向に移動するように図10の矢印R方向に回

転駆動されるドラム150と、主として光源ユニット120の冷却用の風（以下、「冷却風」という。）を生成する冷却用ブロア160とを含んで構成されている。

【0080】なお記録媒体Fは、ドラム150に巻き付けることができる可撓性記録材料であって、具体的には感光もしくは感熱性のフィルム、感光もしくは感熱性の印刷用刷版等である。また、このように記録媒体Fをドラム150に巻き付ける形態ではなく、ドラム150自体が感光もしくは感熱性を有する場合にも、本発明は同様に適用可能である。

【0081】光源ユニット120には、図5および図6に示した紫外光高輝度合波ファイバーモジュール（以下、単に合波ファイバーモジュールという）121が表面に配置され、裏面に放熱フィン123（図11も参照）が設けられた光源基板124と、光源基板124の一端部に垂直に取り付けられると共にSC型光コネクタ125Aのアダプタが複数（合波ファイバーモジュール121と同数）設けられたアダプタ基板125と、光源基板124の他端部に水平に取り付けられると共に記録媒体Fに記録する画像の画像データに応じて合波ファイバーモジュール121を駆動するLDドライバー回路126（図13も参照）が設けられたLDドライバー基板127とが備えられている。

【0082】合波ファイバーモジュール121に接続された光ファイバー30の他端部には各々SC型光コネクタ125Aのプラグが設けられており、該プラグはアダプタ基板125に設けられたアダプタの一方の挿入口に嵌合されている。したがって、各合波ファイバーモジュール121から射出されたレーザービームは光ファイバー30によって、アダプタ基板125に設けられているアダプタの略中央位置まで伝送される。

【0083】また、LDドライバー基板127に設けられているLDドライバー回路126における合波ファイバーモジュール121の駆動用信号の出力端子は合波ファイバーモジュール121に個別に接続されており、各合波ファイバーモジュール121は、LDドライバー回路126によって各々個別に駆動が制御される。

【0084】一方、露光ヘッド130には、上記複数の合波ファイバーモジュール121から射出された各レーザービームBをまとめて射出するファイバーアレイ部131が備えられている。このファイバーアレイ部131には、各々アダプタ基板125に設けられた複数のアダプタの他方の挿入口に、一端部に設けられたSC型光コネクタのプラグが嵌合された複数のマルチモード光ファイバー170によって、各合波ファイバーモジュール121から射出されたレーザービームBが伝送される。

【0085】図12には、ファイバーアレイ部131を図10の矢印A方向に見た状態が示されている。同図に示すようにこのファイバーアレイ部131は、各々片面に合波ファイバーモジュール121の数の半数のV字溝が相隣接して設けられた2枚の基台131Aが、上記V字溝が対

向するように配置されると共に、各V字溝に対して各光ファイバー170の他端部が1本ずつ嵌め込まれて構成されている。したがって、ファイバーアレイ部131からは、各合波ファイバーモジュール121から射出された複数のレーザービームが所定間隔ごとに同時に射出されることになる。

【0086】また、図10に示すように露光ヘッド130には、ファイバーアレイ部131側より、コリメータレンズ132、開口部材133、および結像レンズ134が順に配列されている。なお開口部材133は、開口部がファイバーアレイ部131のレーザービーム射出口からみてファールド（far field）の位置となるように配置されている。これによって、ファイバーアレイ部131における複数の光ファイバー170の射出端から射出された全てのレーザービームBに対して同等の光量制限効果を与えることができる。

【0087】一方、露光ヘッド移動部140には、長手方向が副走査方向に沿うように配置されたボールネジ141および2本のレール142が備えられており、ボールネジ141を回転駆動する副走査モータ143（図13も参照）を作動させることによって、一部がボールネジ141に螺合された露光ヘッド130を、レール142に案内された状態で副走査方向に移動させることができる。

【0088】また、ドラム150は主走査モータ151（図13も参照）を作動させることによって図10の矢印R方向に回転され、これによって主走査がなされる。

【0089】一方、冷却用ブロア160は、図10および図11に示すように、該冷却用ブロア160によって生成された冷却風が、光源基板124に設けられた放熱フィン123および全ての光ファイバー30の双方に当たる向きに配置されている。したがって、冷却用ブロア160により生成された冷却風によって、各合波ファイバーモジュール121の駆動時における温度上昇を抑制することができると共に、各光ファイバー30を強制的に振動させることができる。

【0090】次に図13を参照して、この画像露光装置110Aの制御系の構成について説明する。同図に示すように該制御系は、画像データに応じて各合波ファイバーモジュール121を駆動するLDドライバー回路126と、主走査モータ151を駆動する主走査モータ駆動回路181と、副走査モータ143を駆動する副走査モータ駆動回路182と、冷却用ブロア160を駆動する冷却用ブロア駆動回路183と、LDドライバー回路126、主走査モータ駆動回路181、副走査モータ駆動回路182および冷却用ブロア駆動回路183を制御する制御回路180とを備えている。ここで制御回路180には、記録媒体Fに記録する画像を示す画像データが供給される。

【0091】次に、以上のように構成された画像露光装置110Aの作用について、図14に示すフローチャートを参照しつつ説明する。なお図14は、画像露光装置11

0Aによって画像記録を行う際の処理の流れを示すフローチャートである。

【0092】まず、記録媒体Fに記録する画像を担持した画像データを、画像記録に際して該画像の画像データを一時的に記憶する不図示の画像メモリから制御回路180に転送する（ステップS100）。制御回路180は、転送されてきた画像データ、および記録画像の予め定められた解像度を示す解像度データに基づいて調整された信号をLDドライバー回路126、主走査モータ駆動回路181、および副走査モータ駆動回路182に供給する。

【0093】次いで制御回路180は、冷却用ブロア160の駆動を開始するように冷却用ブロア駆動回路183を制御する（ステップS102）。これにより、冷却用ブロア160によって生成された冷却風による各合波ファイバーモジュール121の冷却動作が開始されると共に、各光ファイバー30の振動が開始される。

【0094】ここで、各光ファイバー30の振動を、光ファイバー30から射出された光の光量変動を1主走査時間の間にランダム化させることができる振動とすることによって、記録媒体F上に記録される画像のむらを低減することができる。そこで本実施の形態では、このような振動とすることができる風量で、かつ本来の目的である放熱フィン123の冷却に必要とされる風量を実験やコンピュータ・シミュレーション等によって予め得ておき、この風量となるように冷却用ブロア駆動回路183が冷却用ブロア160の駆動を制御している。

【0095】次に主走査モータ駆動回路181は、制御回路180から供給された信号に基づいて上記解像度データに応じた回転速度でドラム150を図10の矢印R方向に回転させるように主走査モータ151を制御し（ステップS104）、副走査モータ駆動回路182は、上記解像度データに応じて副走査モータ143による露光ヘッド130の副走査方向に対する送り間隔を設定する（ステップS106）。

【0096】次にLDドライバー回路126は、画像データに応じて各合波ファイバーモジュール121の駆動を制御する（ステップS108）。

【0097】各合波ファイバーモジュール121から射出されたレーザービームBは、光ファイバー30、SC型光コネクタ125A、および光ファイバー170を介してファイバーアレイ部131から射出され、コリメータレンズ132によって平行光束とされた後、開口部材133によって光量が制限され、結像レンズ134を介してドラム150上の記録媒体Fに集光される。

【0098】この場合、記録媒体Fには、各合波ファイバーモジュール121から射出された複数のレーザービームBに応じて複数のビームスポットが形成される。これらのビームスポットにより、露光ヘッド130が上記ステップS106で設定された送り間隔のピッチで副走査方向に送られると共に、上記ステップS104により開始され

10

20

30

40

50

たドラム150の回転によって、解像度が上記解像度データによって示される解像度となる2次元画像が記録媒体F上に露光、記録される(ステップS110)。

【0099】記録媒体F上への2次元画像の記録が終了すると、主走査モータ駆動回路181は主走査モータ151の回転駆動を停止し(ステップS112)、制御回路180は冷却用ブロー160の駆動を停止するように冷却用ブロー駆動回路183を制御し(ステップS114)、その後に本処理を終了する。

【0100】本処理によって、記録媒体Fへの所定解像度による2次元画像の記録がなされると共に、この画像記録の間には冷却用ブロー160が駆動されるので、光ファイバー30がランダムに振動され、光ファイバー30を伝搬するレーザービームに対して白色ノイズ的な雑音を重畳させることができ、その結果、記録された2次元画像にswathむらやビートむら等の画像むらが発生することを防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による集光レンズを備えた合波レーザー光源を示す平面図

【図2】上記合波レーザー光源を構成する半導体レーザーの部分を示す斜視図

【図3】上記集光レンズの正面形状(1)、底面形状(2)、後面形状(3)および側面形状(4)を示す四面図

【図4】上記集光レンズの収差図

【図5】図1の合波レーザー光源を備えた紫外光高輝度合波ファイバーモジュールを示す平面図

【図6】上記紫外光高輝度合波ファイバーモジュールの側面図

【図7】上記合波レーザー光源を複数用いる光源装置の斜視図

【図8】本発明の第2の実施の形態による集光レンズの正面形状(1)、底面形状(2)、後面形状(3)および側面形状(4)を示す四面図

【図9】本発明の第3の実施の形態による集光レンズの正面形状(1)、底面形状(2)、後面形状(3)および側面形状(4)を示す四面図

【図10】本発明の一実施の形態による露光装置の斜視図

*

*【図11】上記露光装置の一部を示す斜視図

【図12】上記露光装置の一部を示す正面図

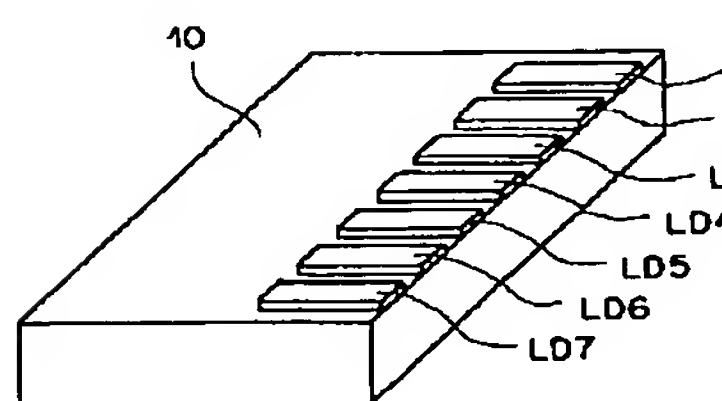
【図13】上記露光装置の電氣的構成を示すブロック図

【図14】上記露光装置における画像露光に関わる処理の流れを示すフローチャート

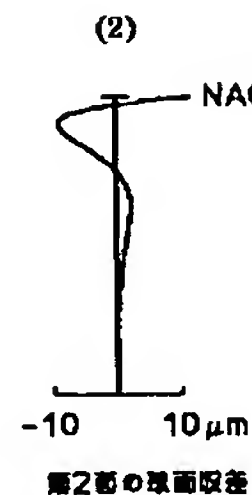
【符号の説明】

- 10 ヒートブロック
- 20 集光レンズ
- 21~27 コリメーターレンズ部分
- 28 集光レンズ部分
- 30 マルチモード光ファイバー
- 30a マルチモード光ファイバーのコア
- 40 パッケージ
- 41 パッケージ蓋
- 42 ベース板
- 44 レンズホルダ
- 50 集光レンズ
- 51、52 コリメーターレンズ部分
- 53 集光レンズ部分
- 60 集光レンズ
- 61、62 コリメーターレンズ部分
- 63 集光レンズ部分
- 110A 画像露光装置
- 120 光源ユニット
- 121 合波ファイバーモジュール
- 130 露光ヘッド
- 140 露光ヘッド移動部
- 150 ドラム
- 170 マルチモード光ファイバー
- 250 合波光学系
- 251 マルチモード光ファイバー
- 261 マイクロレンズアレイ
- 262 集光レンズ
- 270 合波光学系
- LD1~7 GaN系半導体レーザー
- B1~7 レーザービーム
- B 合波されたレーザービーム
- F 記録媒体

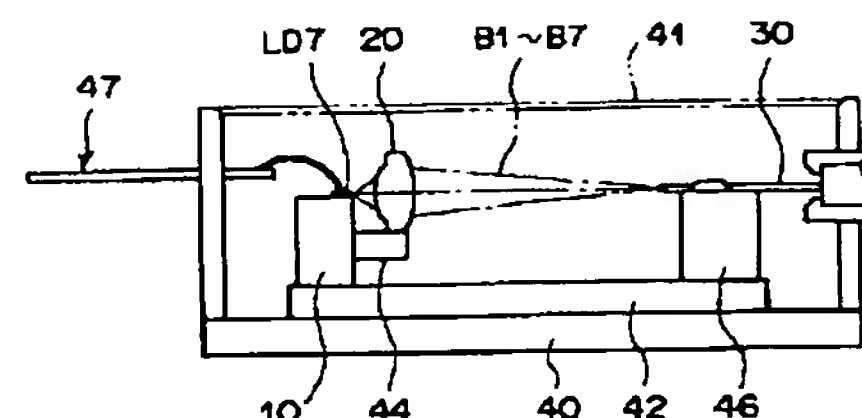
【図2】



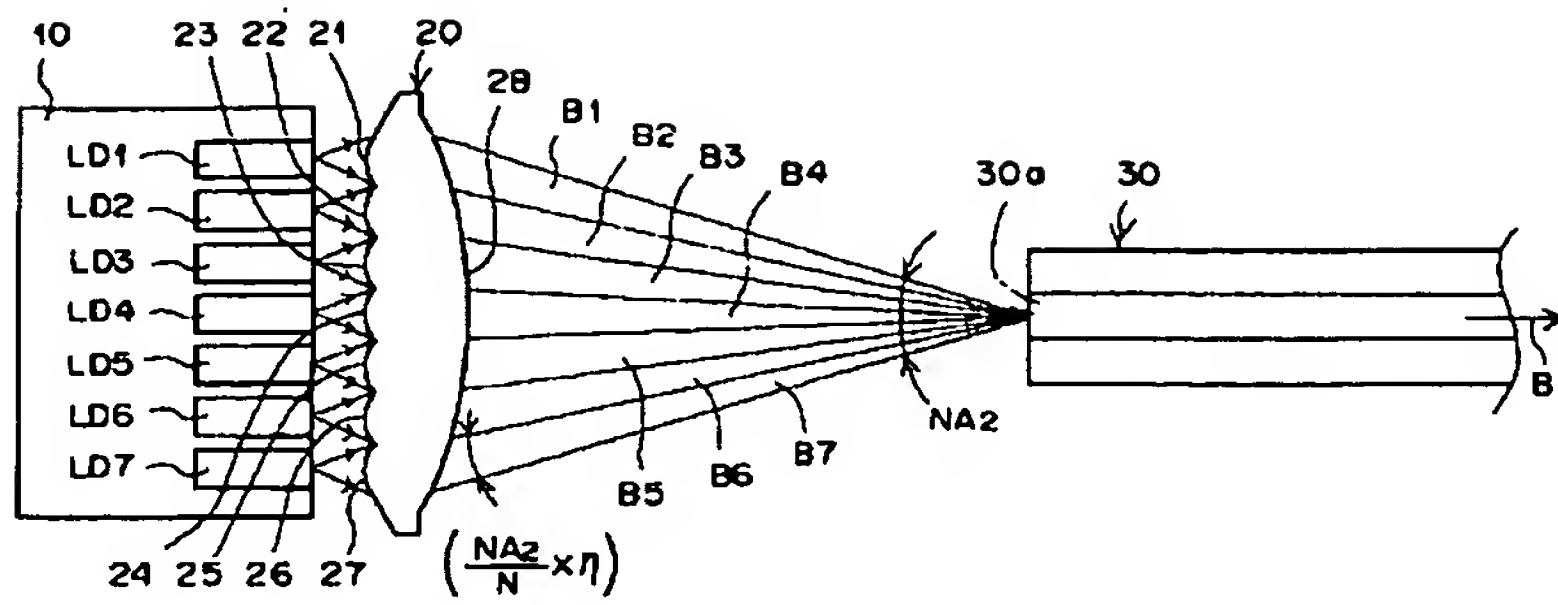
【図4】



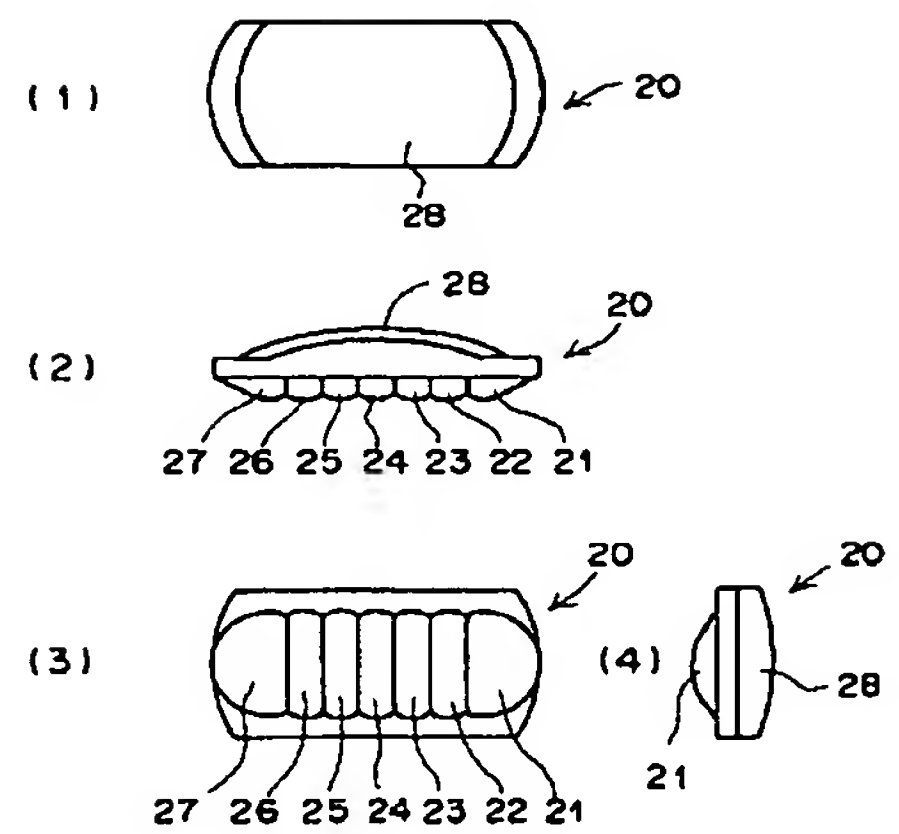
【図6】



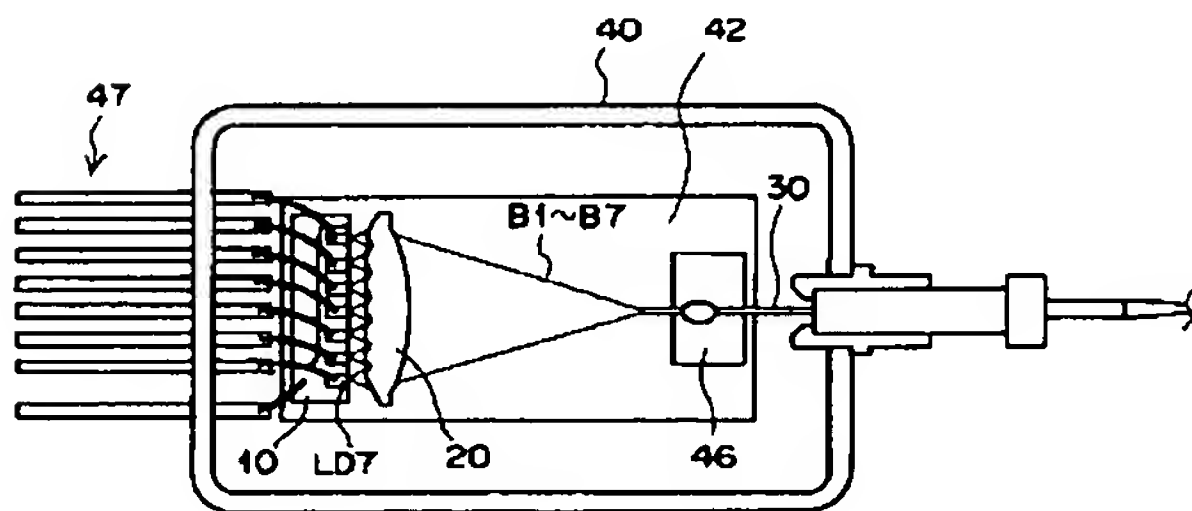
【図1】



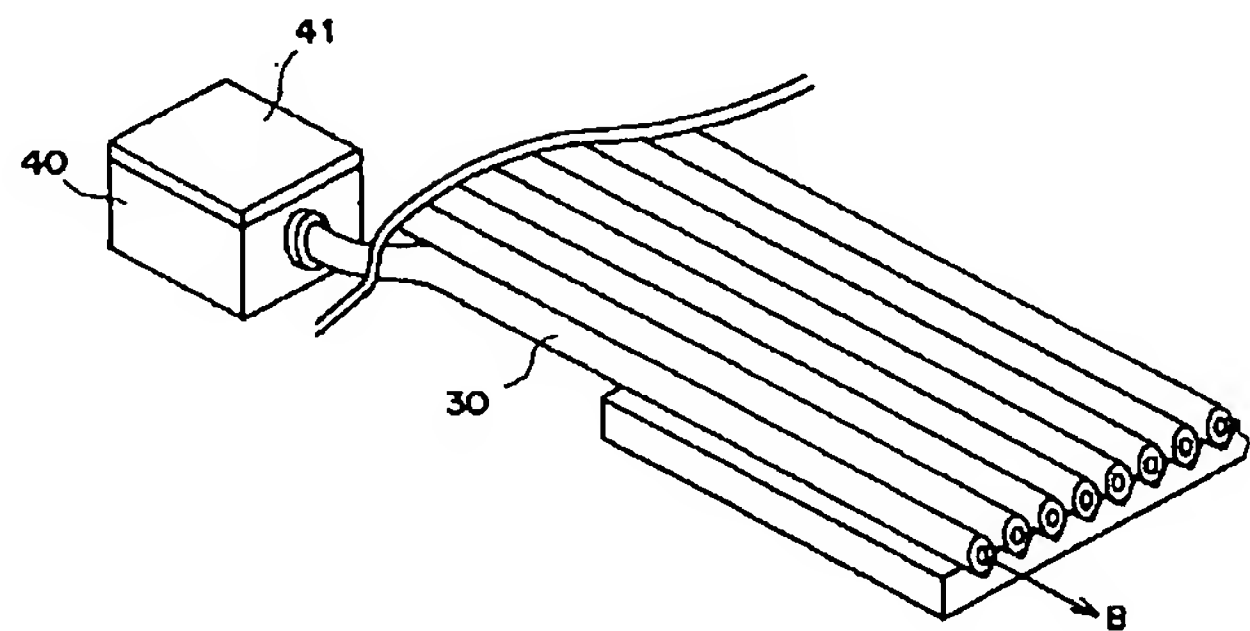
【図3】



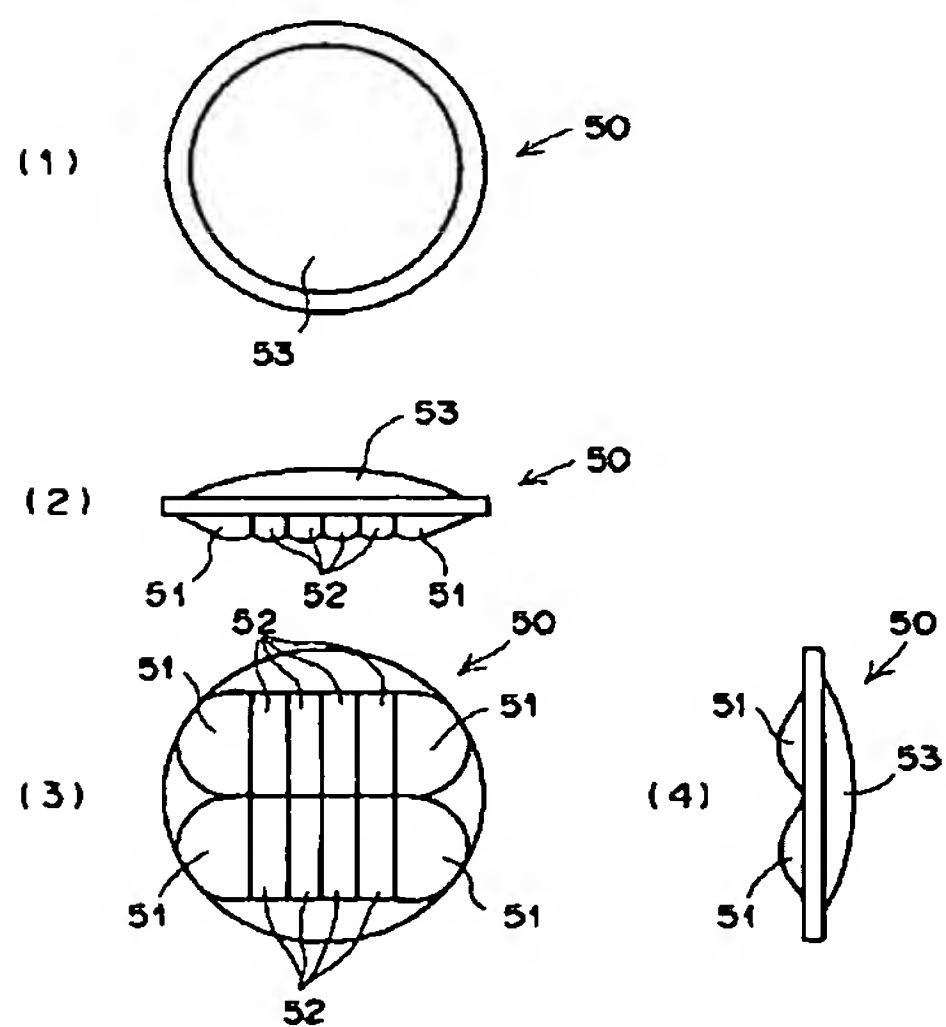
【図5】



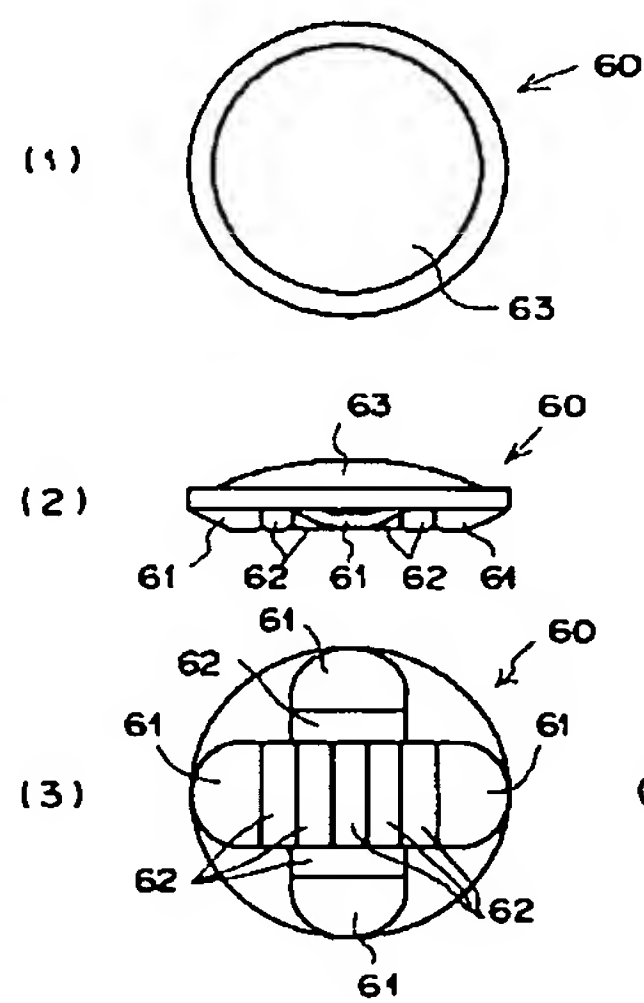
【図7】



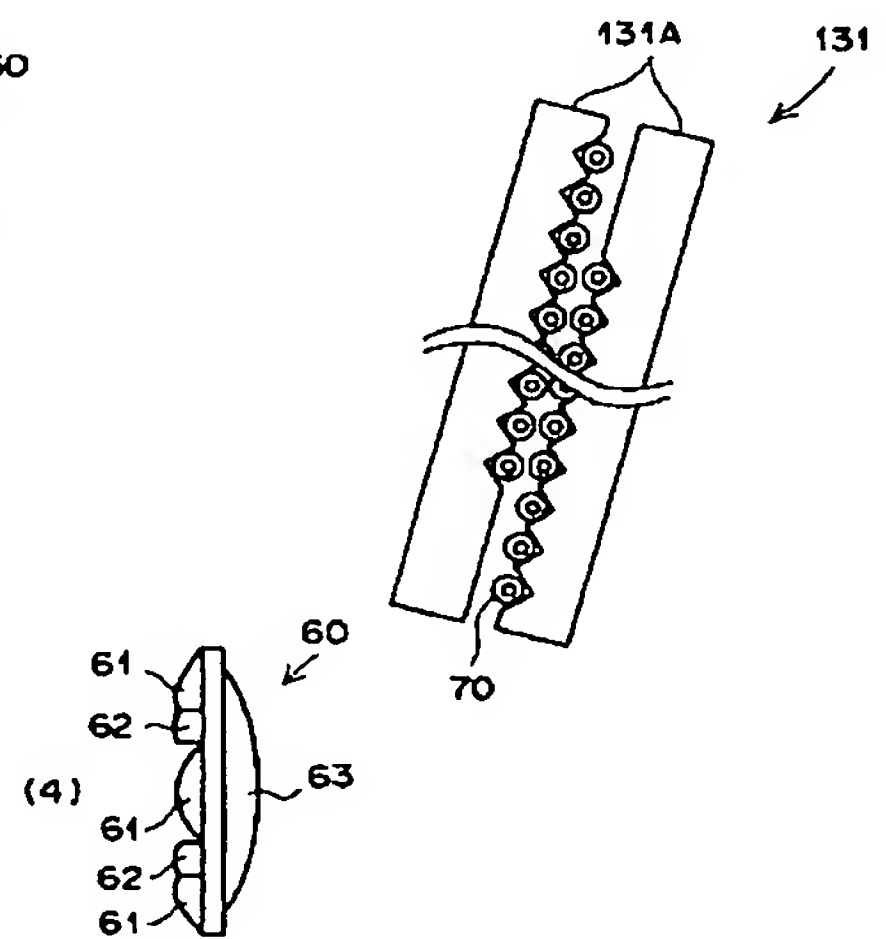
【図8】



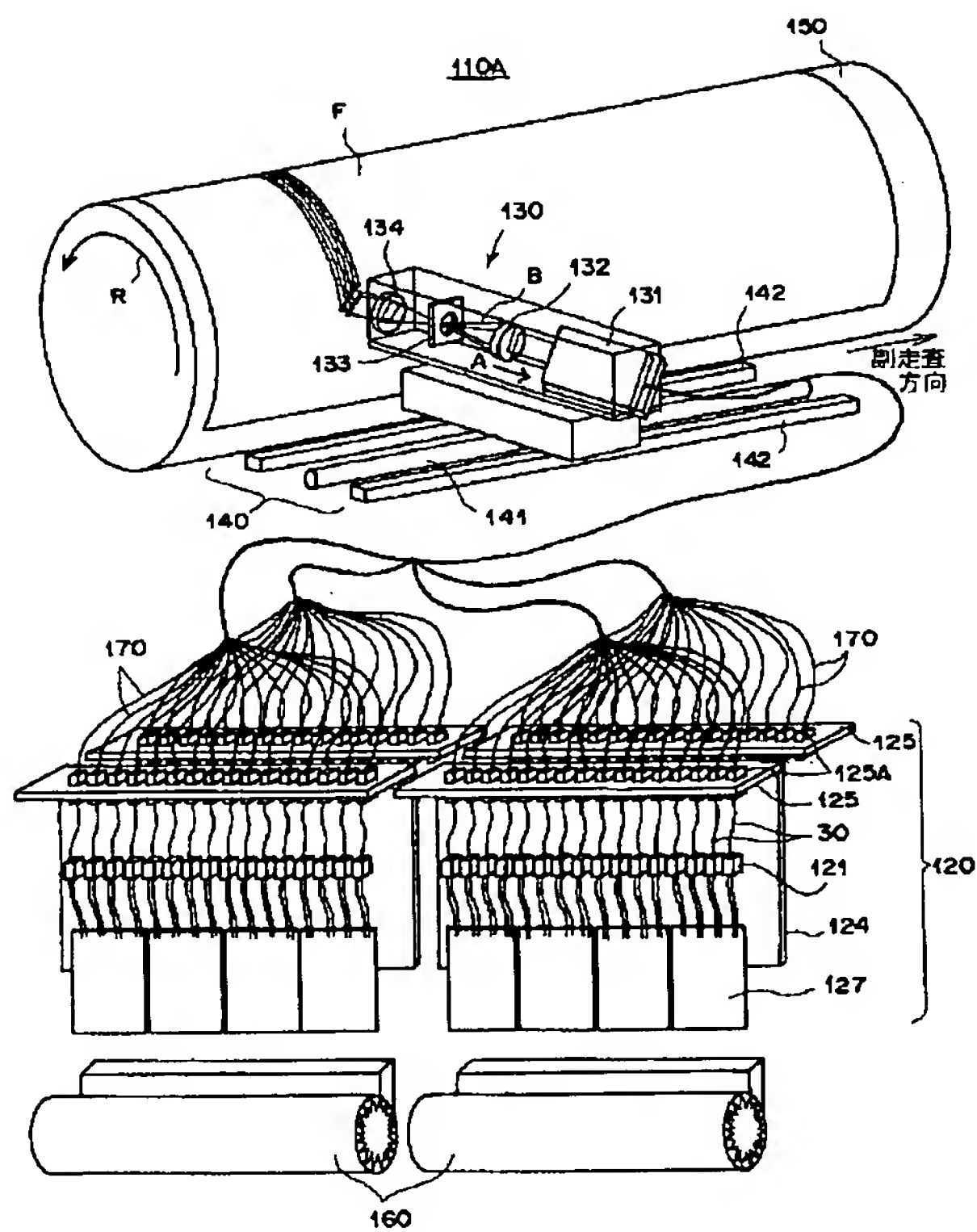
【図9】



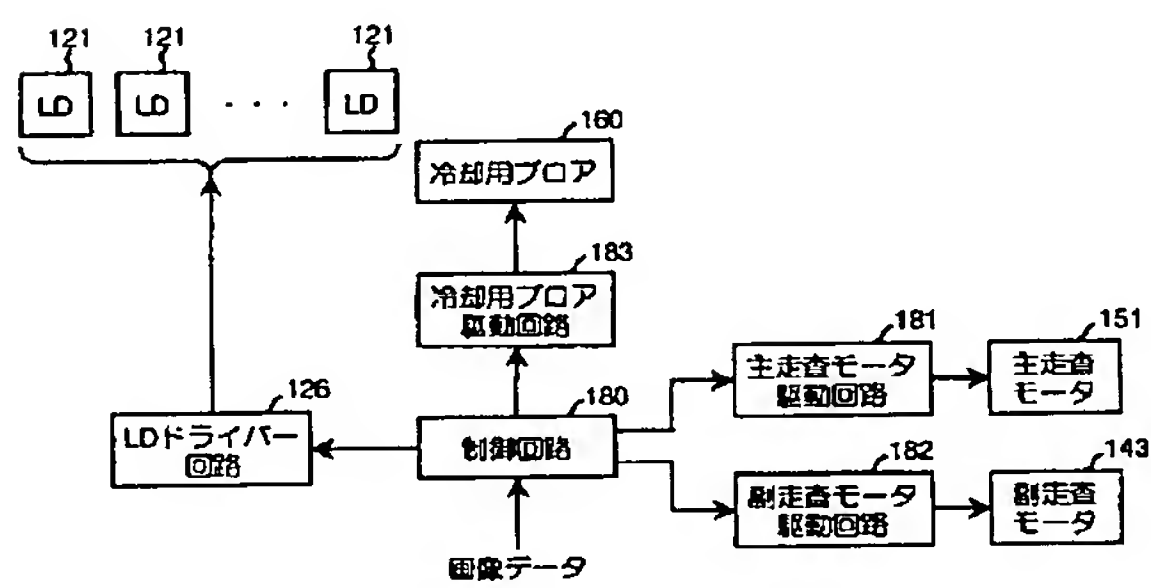
【図12】



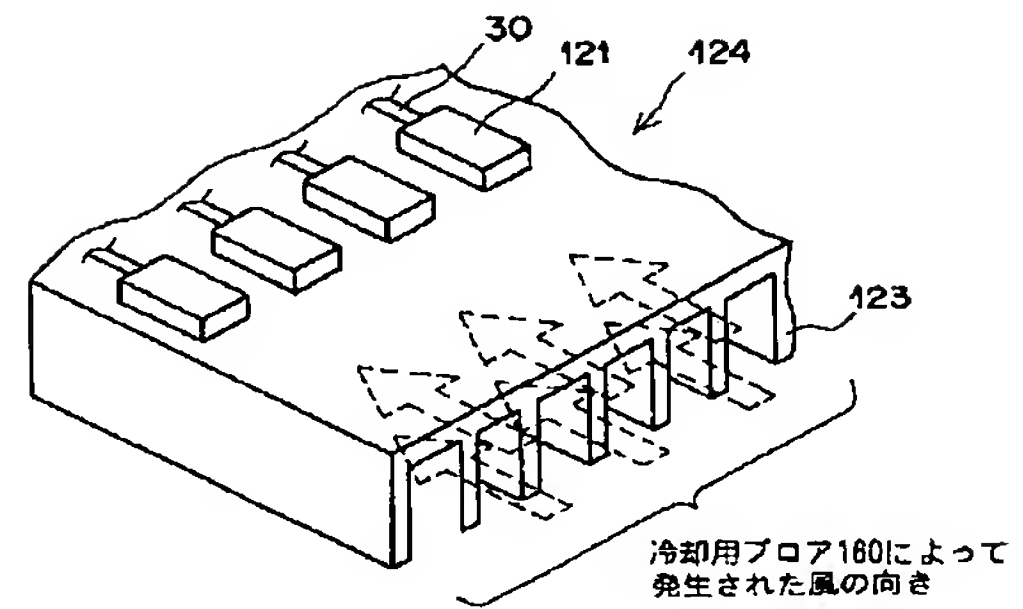
【図10】



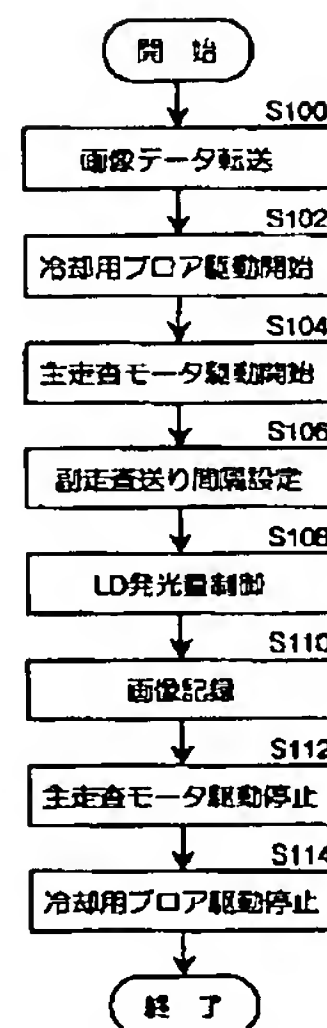
【図13】



【図11】



【図14】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターム(参考)
H 0 1 S	5/40	B 4 1 J	3/00 D
(72)発明者	永野 和彦	F ターム(参考)	2C362 AA03 AA10 AA11 AA42 AA43
	神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富		AA45 BA84 BA86 BA90
	士写真フイルム株式会社内		2H037 AA04 BA03 BA06 BA32 CA12
(72)発明者	山川 博充		CA20 CA21 DA03 DA04 DA05
	埼玉県さいたま市植竹町1丁目324番地		DA06 DA16 DA38
	富士写真光機株式会社内		5F073 AB02 AB27 AB28 BA09 CA02
			EA07 EA24 EA29 FA07 FA08
			FA23 FA30

THIS PAGE BLANK (USPTO)